

Svařovací transformátor s usměrňovačem

Vítězná konstrukce soutěže SOČ

Konstrukce: Juraj Škríp



Ke stažení na: www.svarbazar.cz

Obsah

0 Úvod

1 Problematika a prehľad literatúry

1.1 Transformátor

1.1.1 Zvárací transformátor v stave naprázdno

1.1.2 Zvárací transformátor v stave nakrátko

1.1.3 Princípy regulácie Rozptylových transformátorov

1.1.3.1 Rozptylové transformátory s prepínaním počtu závitov

1.1.3.1.1 Výhody rozptylových transformátorov s prepínaním odbočiek

1.1.3.1.2 Nevýhody zváracieho transformátora s prepínaním odbočiek

1.1.4 Impregnácia transformátorov

1.2 Usmerňovač k zváraciemu transformátoru

1.2.1 Možnosti zapojenia a vlastnosti

2 Praktická časť

2.1 Transformátor

2.1.1 Návrh transformátora

2.1.1.1 Výpočet naplnenia primárnej cievky

2.1.1.2 Výpočet naplnenia sekundárnej cievky

2.1.2 Spôsob realizácie transformátora

2.1.2.1 Príprava kostričiek k navíjaniu

2.1.2.2 Navíjanie primárnej cievky

2.1.2.3 Navíjanie sekundárnej cievky

2.1.2.4 Skladanie plechov

2.1.3 Prvé testovanie transformátora

2.1.4 Prevíjanie transformátora

2.1.5 Druhé testovanie transformátora

2.1.6 Dovíjanie primárneho vinutia

2.1.7 Výroba krytov transformátora

2.2 Výroba usmerňovača

2.2.1 Usmerňovač č.1

2.2.2 Usmerňovač c.2

2.2.3 Usmerňovač c.3

2.3 Zváracie káble

3 Záver práce

4 Zoznam použitej literatúry

5 Prílohy

0 Úvod

Mojou snahou bolo zostrojiť transformátor ktorý by sa ľahko prenášal, bol dostatočne výkonný, bol napájaný napätím z jednofázovej zásuvky (230V). Keďže už doma máme zvärací transformátor, ktorý je ale veľmi veľký a preprava je veľmi ťažká, najmä pri opravách ako je napr. zavarenie pántu na bráničke. Transformátor má byť ľahký a spoľahlivý. Manipulácia musí byť jednoduchá a obsluha dostatočne chránená. Samotný transformátor dokáže zvärať len elektródami na striedavý prúd, rozhodol som sa preto postaviť k transformátoru usmerňovač, ktorý rozšíri použitie na všetky druhy obalených elektród.



1 Problematika a prehľad literatúry

1.1 Transformátor

Transformátor je zariadenie, ktoré premieňa (transformuje) striedavý elektrický prúd pomocou vinutia jednej cievky na magnetickú energiu a tuto pomocou druhej cievky späť na elektrický prúd. Magnetická energia vzniká v cievke, ktorou prechádza.

Elektrický prúd (striedavý), je vo forme magnetických siločiar vedený nielen v železnom jadre, ale aj v okolí (vzduchom). Zvárací transformátor pracuje pri svojej činnosti v dvoch stavoch, stav naprázdno a stav nakrátko.

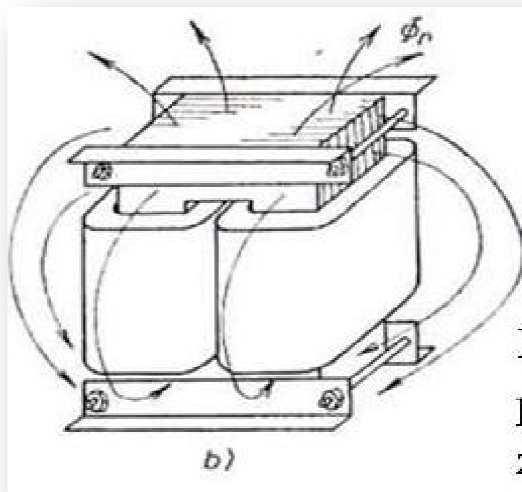
1.1.1 Zvárací transformátor v stave naprázdno

Keď druhá (sekundárna) cievka nie je spojená do uzavretého obvodu, siločiar, ktoré ňou prechádzajú prejdú voľne a vracajú sa späť do prvej cievky (primárnej) kde vznikli. Tam sa spätne zmenia na elektrický prúd a vracajú sa späť do siete. Toto je stav, označený ako práca transformátora „naprázdno“ t.j. možno si to predstaviť ako keby druhá cievka chýbala. Primárna cievka musí mať indukčný odpor, (t.j. schopnosť odporovať prechodu striedavého prúdu) ktorý je daný počtom závitov cievky a prierezom jadra na ktorom je navinutá. Ak je cievka nevhodne navrhnutá, t.j. má malý počet závitov alebo malý prierez jadra, je indukčný odpor nedostatočný, takýto transformátor po pripojení na sieť „neudrží“ napätie siete a spraví čiastočný skrat a prepáli poistky. Preto každému prierezu jadra prislúcha (pre určité napätie siete) určitý minimálny počet závitov primárnej cievky, ktorý sa už nemôže znížiť. Preto tiež nie je možné zhotoviť zvárací transformátor malých rozmerov, pretože pre malý prierez jadra je nutné zvýšiť počet závitov cievky, takže táto je príliš rozmerná. Rozmerná cievka má nielen veľkú váhu, ale i veľký ohmický (tepelný) odpor a je aj drahšia. Je vhodné previesť radšej väčší prierez jadra, tým aj ušetriť váhu a rozmery medi čo je aj lacnejšie.

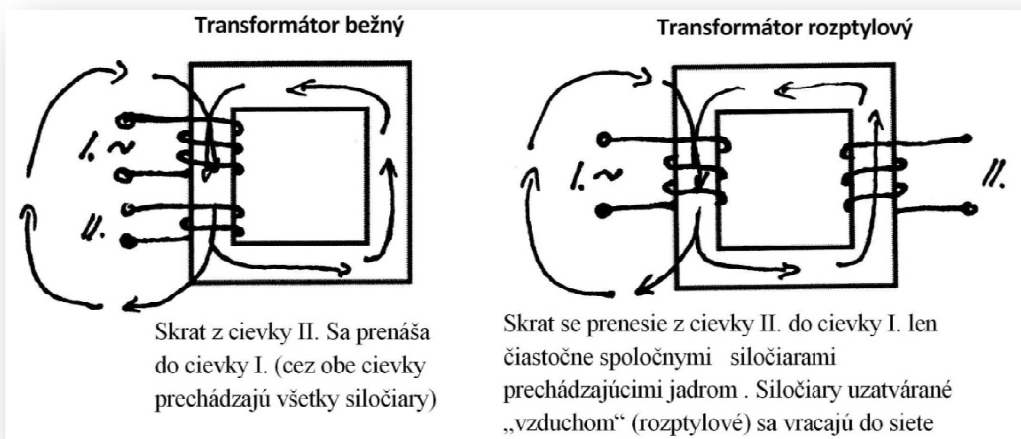
1.1.2 Zvárací transformátor v stave nakrátko

Je to stav, keď druhá (sekundárna) cievka transformátora je zapojená do skratu. Tu magnetické siločiar, vzniknuté v prvej, (primárnej) cievke prejdú jadrom do cievky sekundárnej, v ktorej sa premenia na elektrický prúd a do prvej cievky sa už nevrátia. Taktiež sa nevrátia vo forme prúdu ani do siete. Odoberá sa tu zo siete tak veľký

skratový prúd, „ktorý sa do drôtu vojde“ a ktorý samozrejme prepáli poistky. Tento stav „nakrátko“ je pri činnosti zväracieho transformátora veľmi častý, zvlášť keď sa zapaluje oblúk. Preto transformátor bežného typu pre zváranie nevyhovuje, je možné ho navrhnuť s určitými úpravami tak, aby i pri skrate zväracie elektródy nenastalo skratovanie primárnej cievky pripojenej na sieť. Pre tento účel vyhovuje transformátor navrhnutý s veľkým rozptylom magnetických siločiar (rozptylový transformátor). Prispôsobenie spočíva v tom, že druhá (sekundárna) cievka sa umiestni na jadro tak, aby cez ňu prechádzala len časť magnetických siločiar, pričom druhá, zostávajúca časť sa vracia späť do prvej cievky t.j. i do siete nezoslabená. Preto i pri skrate na elektróde nedôjde k úplnému skratu do siete, ale len ku skratu čiastočnému, na ktorý sú sieť a poistky dimenzované.



Priebeh rozptylového toku pri zaťažení rozptylových zväracích transformátorov



Skrat z cievky II. Sa prenáša do cievky I. (cez obe cievky prechádzajú všetky siločiar)

Skrat se prenesie z cievky II. do cievky I. len čiastočne spoločnými siločiarami prechádzajúcimi jadrom. Siločiar uzatvárané „vzduchom“ (rozptylové) sa vracajú do siete

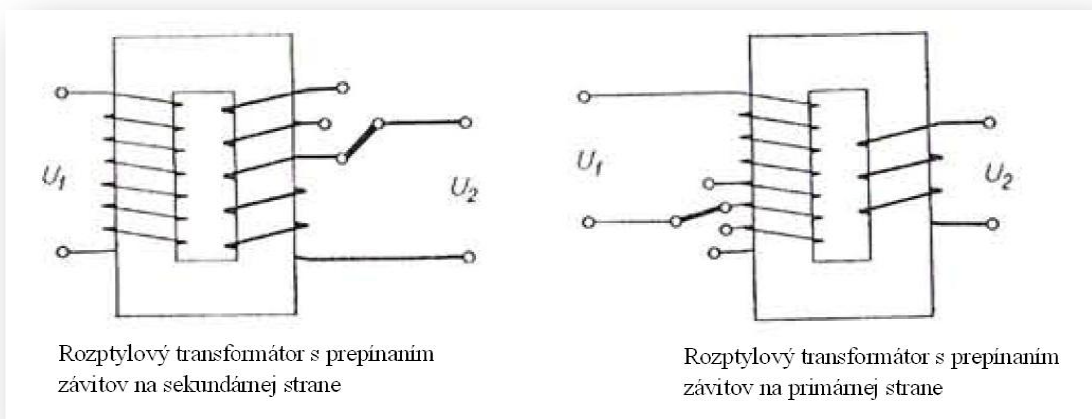
Takto zjednodušene by samozrejme transformátor fungoval len pre jeden zvärací rozsah, čo ej pre prax nedostatočné. Preto je nutné spraviť reguláciu zväracieho prúdu v určitom rozsahu.

1.1.3 Princípy regulácie Rozptylových transformátorov

- a) S prepínaním počtu závitov
- b) S posuvnými cievkami
- c) S magnetickým bočníkom
 - S pohyblivým bočníkom
 - S jednosmernou magnetizáciou magnetického bočníku
- d) S inými spôsobmi ovládania rozptylu

1.1.3.1 Rozptylové transformátory s prepínaním počtu závitov

Samotná regulácia sa realizuje prepínaním počtu závitov, na primárnej alebo sekundárnej strane transformátoru. Nevýhodou je, že pri prepínaní odbočiek na sekundárnej strane transformátoru je nutné prepínať veľké prúdy. Prepínanie odbočiek na primárnej strane dovoľuje použiť menší a lacnejší prepínač. Tento transformátor má premenlivé napätie naprázdno a preto sú pri menších prúdoch horšie zväracie vlastnosti.



1.1.3.1.1 Výhody rozptylových transformátorov s prepínaním odbočiek

Rozptylové transformátory s prepínaním odbočiek na vinutí, sú konštrukčne jednoduché a pomerne ľahké. Pri sýtení magnetického obvodu v lineárnej časti magnetizačnej krivky a pri napätí naprázdno nad 60V majú veľmi dobré zväracie vlastnosti. Neobsahujú žiadne pohyblivé súčasti, výroba je jednoduchá, technický život je obmedzený akurát životnosťou použitých prepínačov a vlastným životom vinutia transformátora.

1.1.3.1.2 Nevýhody zväracieho transformátora s prepínaním odbočiek

Nevýhodou je, že nastavovanie zväracieho prúdu je v skokoch. Ďalšou nevýhodou je skutočnosť, že rozptylový magnetický tok sa uzatvára vonkajškom jadra transformátora a zohrieva všetky vodivé súčiastky umiestnené v jeho ceste. Preto musia byť sťahovacie rámy a kryty transformátora zhotovené z elektroizolačného materiálu. Taktiež umiestnenie transformátora pri zväraní blízko masívnej oceľovej konštrukcie má vplyv na veľkosť zväracieho prúdu. Uvedené nevýhody obmedzujú použitie tohto spôsobu ovládania len na malé výkony transformátorov, pre montážne a amatérske účely. Je to veľmi vhodný a často používaný princíp pre stavbu prenosných zväracích transformátorov.

1.1.4 Impregnácia transformátorov

Impregnácia transformátorov je zalievanie alebo ponáranie transformátora do impregnačnej hmoty na zlepšenie niektorých vlastností. Transformátor sa impregnuje buď ako celok, alebo jeho jednotlivé časti - cievka a jadro. Dôvodom impregnácie je:

Cievka

zvýšenie napät'ovej odolnosti (odolnosť proti prierazu vo vinutí cievky)

zlepšenie odvodu tepla z vnútrajšku cievky

zlepšená mechanická a chemická odolnosť vinutia

Jadro

zníženie „zvukových“ efektov (známe vrčanie transformátora z neónového osvetlenia)

zlepšenie chemickej a mechanickej odolnosti jadra

zvýšenie kompaktnosti

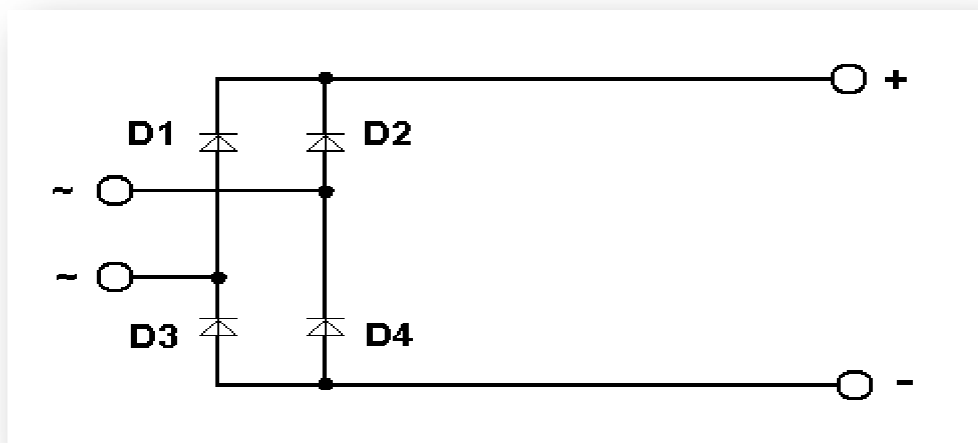
Transformátory sa napúšťajú olejom, lakmi, voskami, niekedy tiež syntetickými farbami, špeciálnou zalievacou hmotou resp. sa ako celok zalievajú do plastu.

1.2 Usmerňovač k zväraciemu transformátoru

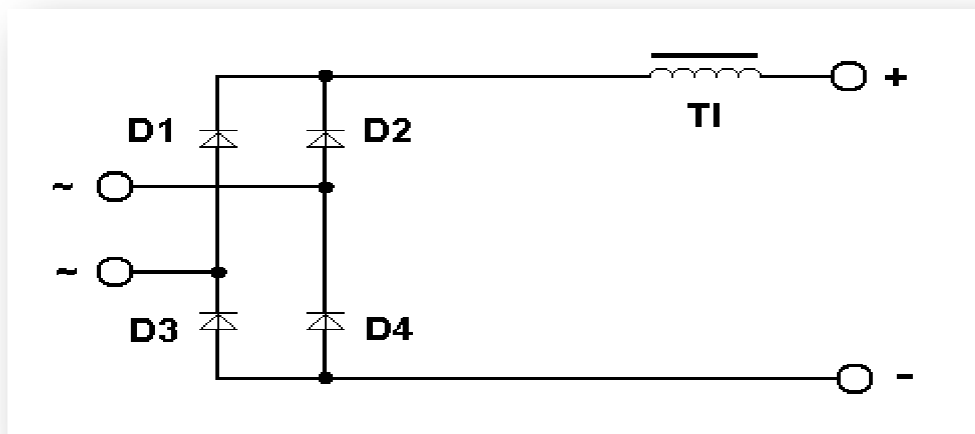
Usmerňovač je elektrické zariadenie, ktoré sa používa na premenu striedavého napätia, (striedavého elektrického prúdu) na jednosmerné napätie (jednosmerný elektrický prúd). Oblasť použitia zväracieho transformátora aj na elektródy určené pre zváranie jednosmerným prúdom, možno rozšíriť pripojením usmerňovača za transformátor. Na usmernenie sa používajú v dnešnej dobe kremíkové usmerňovacie diódy, alebo usmerňovacie mostíky, ktoré obsahujú už 4 vykonové diódy zapojené do mostíka. Usmerňovač musí byť napäťovo a prúdovo dimenzovaný podľa maximálneho zväracieho prúdu.

1.2.1 Možnosti zapojenia a vlastnosti

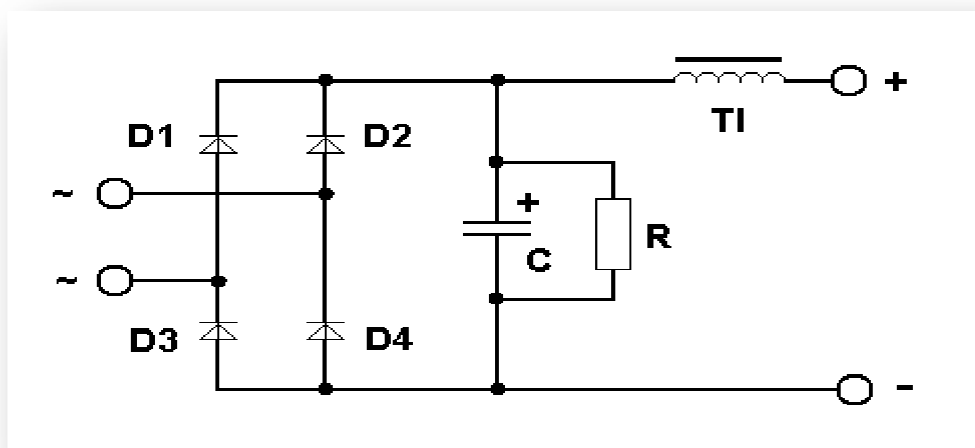
Klasické mostíkové zapojenie:



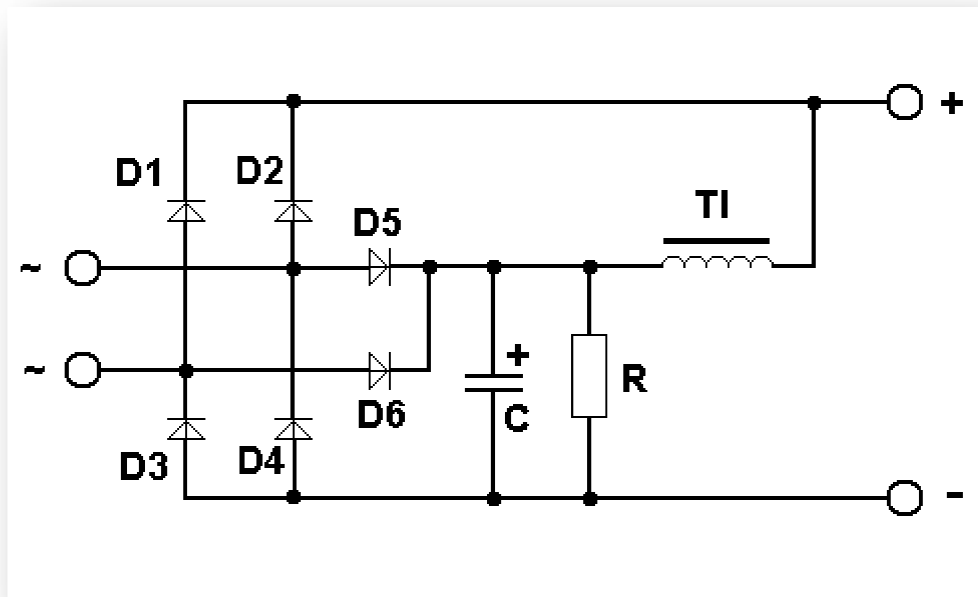
Vlastnosti takéhoto usmerňovača: Oblúk sa špatne zapáľuje, zhasína a prská. V obvode totiž chýba indukčnosť - tlmivka. Tlmivka slúži k vyhladeniu napätia, aby napätie neklesalo k 0 v každej pólperióde. Jednoduchšie povedané: bez tlmivky oblúk zhasína a zapáľuje 100x za sekundu, s tlmivkou horí stabilne. Vďaka jej indukčnosti sa na nej tiež po odtrhnutí elektródy a pri zapáľovaní indukuje napätie, a zapáľovanie oblúku sa výrazne uľahčí. Takýto usmerňovač nie je vhodný na zváranie. Správne by tak zapojenie usmerňovača ku zväračke malo vyzeráť takto:



Tlmivka nemôže byť hocijaká. Plechy na tlmivku by mali byť minimálne polovičné, voči zväraciemu transformátoru, indukčnosť býva okolo 5mH a je nutná vzduchová medzera v magnetickom obvode (aspoň tak 2mm). Vinutie tlmivky musí byť dimenzované na zvärací prúd. Tlmivka potom bude veľká, ťažká a drahá. Správny návrh takejto tlmivky nie je jednoduchý a je u ňu veľa počítania. Ideálne by však ešte bolo doplniť zapojenie o kondenzátor, ktorý pomôže s vyhladením a zväracie vlastnosti sa ďalej zlepšia. Zapojenie kondenzátora je v tejto schéme:



Rezistor R slúži k vybitiu nabitého kondenzátora po vypnutí zväračky. O kondenzátore platí to isté čo o tlmivke: bude veľký, ťažký a nehorázne drahý. Najčastejšie sa však vyskytujú zapojenia dvoch usmerňovačov, veľkého a malého, zapojených paralelne. Na malom je zapojená tlmivka tak (1-5mH) a kondenzátor na zvýšenie zápalného napätia. Schéma zapojenia:



toto zapojenie úplne postačuje na amatérske zváranie a používa sa aj v sériovo vyrábaných zväračkách.

2 Praktická časť

2.1 Transformátor

2.1.1 Návrh transformátora

Pri návrhu som vychádzal z tlmivky, s ktorej som chcel použiť jadro a kostričky. Tlmivka bola použitá v sietidle s 2000W výbojkou. Jadro malo dostatočný prierez na výrobu zväracieho transformátora, problém bol iba v tom, že kostričky mali malú výšku na navinutie potrebného vinutia a tak som najprv teoreticky vypočítal či sa vinutie zmestí do cievok. Návrh začal zvolením základných parametrov, ktoré som od zväračky očakával:

Napájacie napätie: $U_1 = 230V$

Výstupné napätie naprázdno: $U_2 = 48V$

Napätie pri zváraní: býva okolo 24V

Počet odbočiek na primárnej cievke: 3 a každá má 30závitov

Maximálny zvärací prúd: $I_2 = 100A$

Trvalý zvärací prúd: $I_t = 60A$

Materiál vinutia: CU vodič s izoláciou

Zváračku dimenzoval na krátkodobé zaťaženie, preto som zvolil prúdové zaťaženie vodičov: $6\text{A}/\text{mm}^2$ pre sekundárne vinutie a $5\text{A}/\text{mm}^2$ pre primárne vinutie, pretože sa viac zahrieva, keď je navinutých viac vrstiev na sebe.

Prierez jadra: $S_1=36,9\text{cm}^2$

použitie plechy sú lakované preto počítame s konštantou plnenia: 0,92 aby sme vypočítali skutočný prierez transformátorových plechov $S=0,92\times 36,9=34\text{cm}^2$

Z týchto zvolených parametrov som najprv vypočítal prevod $p = \frac{U_1}{U_2} p = \frac{230}{48} = 4,79$

Ďalej som potreboval vypočítať počet závitov na jeden volt, z toho potrebné závitov na primárnej a sekundárnej cievke.

$\text{Zav.}/1\text{V} = 45/S = 45/34=1,324\text{zav.}/1\text{V}$

Počet závitov na primárnej cievke:

$$NP = \text{zav.}/1\text{V} \times 230\text{V} = 1,324 \times 230 = 304\text{závitov}$$

Počet závitov na sekundárnej cievke

$$NS = \text{zav.}/1\text{V} \times 48\text{V} = 1,324 \times 48 = 63,5\text{závitov}$$

Počet závitov na primárnych odbočkách: $3\times 30=90\text{závitov}$

Celkový počet závitov v primárnej cievke $90+304=394\text{závitov}$

A ešte potrebujeme prierezy vodičov:

$$\text{Prierez sekundárneho vodiča } S_s = I_t \div 6\text{A}/\text{mm}^2 = 60 \div 6 = \mathbf{10\text{mm}^2}$$

Na Prierez primárneho vodiča potrebujeme vypočítať primárny prúd:

$$I_1 = \frac{U_2 \times I_t}{U_1} = \frac{48 \times 60}{230} = 12,5\text{A}$$

A prierez primárneho vodiča určíme: $S_p = I_1 \div 5\text{A}/\text{mm}^2 = 12,5 \div 5 = 2,5\text{mm}^2$

Priemery vypočítaných vodičov: $S_s = 10\text{mm}^2 =$ priemer 3,57mm

$$S_p = 2,5\text{mm}^2 = \text{priemer } 1,78\text{mm}$$

Z vypočítaných údajov zistíme či sa vinutie zmestí do cievok. Vinutie je rozložené tak, že na jednej cievke je navinuté primárne vinutie a na druhej cievke je sekundárne.

Veľkosť cievky: maximálna výška vinutia na cievke=20mm a dĺžka cievky je 125mm

2.1.1.1 Výpočet naplnenia primárnej cievky

Primárny vodič má priemer 1,78mm a je obalený lakom takže celkový priemer je 1,8mm ale pri vinutí počítam s priemerom 2mm, keďže drôt sa nepodarí doma navinúť tesne jeden vedľa druhého, tak som zvolil priemer pre výpočet 2mm.

Najskôr vypočítame koľko závitov sa zmestí do jednej vrstvy: $\frac{125}{2} =$

62,5zav/1vrstva. Potom vypočítame, koľko vrstiev bude primárneho vinutia:

$\frac{\text{celkový počet závitov primáru}}{\text{počet závitov v jednej vrstve}} = \frac{394}{62} = 6,35$ primárneho vinutia bude 7 vrstiev. Každá

vrstva je oddelená vrstvou izolácie s hrúbkou 0,5mm. Výpočet výšky vinutia

v cievke :5vrstiev izolácie +5vrstiev vinutia= $7 \times 0,5 + 7 \times 2 = 17,5$ mm z tohto vyplýva,

že vinutie sa zmestí do kostričky a ešte ostala aj malá rezerva.

2.1.1.2 Výpočet naplnenia sekundárnej cievky

Holý sekundárny vodič má priemer 3,57mm a ako izoláciu som použil zmršťovaciu bužírku, ktorá po zmrštení má hrúbku steny 0,25mm a tak celkový priemer vodiča s izoláciou je potom $3,57 + 0,25 + 0,25 = 4,07$ mm. Keďže drôt sa taktiež nepodarí presne navinúť a vznikajú na ňom malé ohyby, ktoré nadnášajú vinutie, zvolil som priemer na počítanie 5mm. Potom vypočítam počet závitov v jednej vrstve:

$\frac{125}{5} = 25$ zav/1vrstva. Potom vypočítam počet vrstiev $\frac{\text{celkový počet závitov primáru}}{\text{počet závitov v jednej vrstve}} =$

$\frac{64}{25} = 2,56$ čiže sekundárneho vinutia budú 3vrstvy. Takisto je každá vrstva oddelená

izoláciou hrubou 0,5mm. Celková výška vinutia bude potom $3 \times 5 + 3 \times 0,5 = 16,5$ mm

a taktiež sa sekundárne vinutie vojde do cievky s malou rezervou. Po tomto výpočte

som sa rozhodol transformátor aj fyzicky navinúť, keďže som už mal istotu, že

budem navíjať transformátor, ktorý sa potom bude dať zložiť. Aby som predišiel

zbytočnej námahe, ak by sa plechy nezmeslili do cievky, pretože by boli príliš

veľké.

2.1.2 Spôsob realizácie transformátora

Pred navíjaním transformátora, som si pre lepšiu manipuláciu musel najprv spraviť provizórnu navíjačku, aby som mohol kostričky uchytiť a nemusel ich držať

v rukách(vid'. príloha A). Navíjačku som postavil z dosiek, ktoré som priskrutkoval

na hranol, a cez dosky vyvrtal dieru aby som prevliekol závitovú tyč, na ktorej je

nasunutá kostrička. (vid'. príloha A) V kostričke bol vložený ďalší drevený hranol

aby sa cievka pri navíjaní neprehýbala.

2.1.2.1 Príprava kostričiek k navíjaniu

Kostričky sú vyrobené z tvrdého papiera. Pred navíjaním som ich ešte obalil textilnou páskou a natrel lakom na impregnáciu transformátorov, aby som vylúčil prieraz na jadro transformátora.

2.1.2.2 Navíjanie primárnej cievky

Na navíjanie som použil CU lakovaný drôt 2,5mm². Pred samotným navíjaním som si na začiatok drôtu natiahol bužírku, aby som predišiel mechanickému opotrebeniu drôtu na ohyboch a na prechodoch z kostričky von. Začal som navíjať jeden drôt vedľa druhého. Keď som mal hotovú celú vrstvu, natrel som vinutie impregnačným lakom a obalil izolačnou fóliou. Takto som pokračoval v každej ďalšej vrstve. Vinutie sa lakuje a izoluje na zlepšenie mechanických vlastností, odolnosti voči prierazom a zlepšenie odvodu tepla z vnútra vinutia. Keď som dosiahol 304závirov vyviedol som drôt von z kostričky a opäť som naň navliekol bužírku. Pokračoval som v navíjaní troch odbočiek, rovnakým spôsobom ako základné vinutie. Koniec vinutia som vyviedol von z kostričky a upevnil páskou aby sa vinutie neuvoľnilo. Celú cievku som opäť ovinul textilnou páskou a natrel impregnačným lakom. Vývody som si označil aby som ich rozlíšil pri zapájaní.

2.1.2.3 Navíjanie sekundárnej cievky

Pri výbere drôtu na sekundárne vinutie som riešil dilemu, aký vodič použiť a ako ho zaobstarať. Keďže špeciálne vodiče na transformátory sú veľmi drahé a stavba by bola moc nákladná, rozhodol som sa použiť elektroinštalačný CU vodič, ktorý som zbavil pôvodnej PVC izolácie a nasunul naň teplom zmršťovaciu Bužírku. Túto som potom nahrial horúcim vzduchom aby priľnula na vodič. Bužírka má dobré tepelné a izolačné vlastnosti: tepelná stálosť do 125°C a dielektrická pevnosť: 16 KV/mm. Samotné navíjanie bolo rovnaké ako u primárnej cievky až na to že sa navíjal len jeden počet závitov bez odbočiek (viď. príloha A1).

2.1.2.4 Skladanie plechov

Plechov mali tvar U (viď, príloha B). Cievky som si dal vedľa seba (viď príloha B1) a začal som vkladať plechy, vždy dva, jeden z jednej strany a druhý z druhej strany cievok. Plechy v každej vrstve som otáčal, aby spoj nebol na tom istom mieste, ale aby sa prekrývali jednotlivé vrstvy. Keď som do cievok už nemohol vložiť ďalšie plechy, bolo potrebné jadro stlačiť a vložiť ešte ďalšie. Jadro ma tvoriť ucelený zväzok, s čo najmenšími vzduchovými medzermi medzi plechmi, inak sa plechy budú chvieť, čo ovplyvní aj kvalitu zvaru. Plechy som stláčal vyrobeným prípravkom (viď. príloha B2). Po nasunutí všetkých plechov do kostičiek som ich zrovnal a stlačil skrutkami M8, silno utiahol, aby som vylúčil chvenie plechov.

2.1.3 Prvé testovanie transformátora

Transformátor som provizórne zapojil a začal testovať: pripojil som zväracie káble a skúsil zvärať, ale márne. Transformátor bol veľmi slabý, dával maximálny prúd 40A a napätie po priložení elektródy klesalo na 10V. Zväranie bolo nemožné. Preto som začal uvažovať, ako zvýšim výkon transformátora. Skúsil som na cievku s primárnym vinutím pokusne navinúť ešte 13 závitov lankového CU vodiča 16mm^2 , pripojil som ju k pôvodnému sekundárnemu vinutiu a znova vyskúšal zvärať. Zväranie už bolo celkom prijateľné ale ešte slabé. Po zapojení odbočky s maximálnym výkonom, zvärací prúd bol 75A. Pri meraní napätia na pôvodnom sekundárnom vinutí naprázdno bolo 50V a pri zväraní klesalo na 13V, na dovinutom drôte bolo naprázdno 11V a klesalo pri zväraní na 10V. To sa ešte stále nerovnal hodnotu ktorú som požadoval od zväračky. Z toho som usúdil, že potrebujem odvinúť zo sekundárneho vinutia asi 25 závitov a navinúť ich na cievku s primárnym vinutím.

2.1.4 Prevíjanie transformátora

Najprv som rozobral jadro transformátora a zo sekundárnej cievky som odvinul asi 25závitov. Cievku som potom znova zaizoloval textilnou páskou a natrel impregnačným lakom. Odvinutý drôt som vyrovnal a natiahol aby sa ľahšie navíjal. Primárnu cievku som obalil, z dôvodu bezpečnosti, pred prerazením primárneho

vinutia na sekundárne teflonovou fóliou. Navinul som na túto cievku odvinutý drôt, zalakoval a obalil izoláciou. Opäť zložil jadro a stiahol skrutkami.

2.1.5 Druhé testovanie transformátora

Transformátor som zapojil, pripojil zväracie káble a vyskúšal zvärať na odbočke s maximálnym výkonom. Zváranie bolo moc silné, pri meraní dával transformátor až 140A čo bolo veľmi veľa a vinutia sa moc zahrievali. Tak som teraz potreboval znížiť zvärací prúd, ale nechcel som už odvíjať zo sekundáru na primárnej cievke a znova navíjať na sekundárnu cievku, pretože by vznikalo veľa spojení hrubých vodičov a všetky by som musel vyviesť von, zaberali by veľmi veľa miesta a bolo by to aj neestetické. Tak som zvolil variantu dovinúť závitov na primárnej strane transformátora.

Opäť som skúšobne navinul asi 30 závitov CU vodiča $1,5\text{mm}^2$ na primárnu cievku a znova vyskúšal zvärať. Transformátor už mal požadované vlastnosti a zváranie bolo veľmi hladké, zapáľovanie oblúka jednoduché. Elektróda mala malý rozstrek oblúka.

2.1.6 Dovíjanie primárneho vinutia

Už som nechcel znova rozoberať celý transformátor a primárny drôt je celkom ohybný, zvolil som iný spôsob navíjania. Transformátor som si uchytil do zveráku, odstrihol potrebnú dĺžku drôtu na navinutie ďalšej odbočky 30závitov a vytvoril som si z drôtu veľký kruh, ktorý prechádzal medzi cievkami transformátora (viď. Príloha C). Otáčal som cievkou, ktorá sa pomaly uťahovala a tak som navinul celých 30 závitov, potom ešte ďalších 20 závitov aby som dokončil celú vrstvu a znova nalakoval a obalil izoláciou. Hotový transformátor som už celý nalakoval impregnačným lakom aby som vylúčil chvenie jadra, cievok a vinutia a nechal vysušiť pri teplote 80°C -24h.

2.1.7 Výroba krytov transformátora

Transformátor som najprv pripevnil na PVC dosku. Z dôvodu lepšieho chladenia som pod transformátor umiestnil ventilátor. Do spodnej dosky je vyvŕtaná diera na vyfukovanie ohriateho vzduchu, je odspodu prekrytá mriežkou proti vniknutiu cudzích predmetov. Ventilátor som otočil tak, aby nasával ohriaty vzduch

z transformátora a vyfukoval ho von sodom skrine a aby sa dnu nedostaval prah, nečistoty. Kryty som najprv vyrobil zo železného plechu a na predný panel som umiestnil hlavný vypínač, výstupné svorky a prepínač odbočiek. V zadnom kryte je umiestnené poistkové puzdro s prírodnou šnúrou. Z dôvodu, že transformátor je dosť ťažký som pod rúčku vyrobil držiak, ktorý je uchytený priamo na transformátore, aby som nemusel vyrábať vrchný kryt z hrubého plechu. Do zadného krytu a do vrchného som navrtal dva rady dier, aby som vytvoril otvory na nasávanie vzduchu pre ventilátor a aby bolo obtekanie studeným vzduchom čo najlepšie uložil som ich čo najvyššie. Po zložení celej skrine a zapojení som transformátor opäť vyskúšal a bol som nemilo prekvapený. Plechy začali drnčať pôsobením rozptylových magnetických siločiar s čím som vôbec nerátal a tak som musel začať rozmýšľať, ako toto odstránim a tak som odložil vrchný kryt a opäť vyskúšal, ešte aj zadný kryt sa chvel, ale predný už nie, pretože bol umiestnený ďalej od transformátora a siločiaRY tam už veľmi zoslabli. A tak som transformátorom zváral a prikladal rôzne druhy materiálov, skúšal vlastnosti či budú aj tie drnčať alebo nie. Keď som priložil medený plech, transformátor ho siločiarami odtláčal, ďalej som skúšal hliníkový plech a takisto bol odtláčaný asi nebol len čistý hliník ale bola tam aj primiešaná nejaká zliatina. Nakoniec som zobral nerezový plech a ten sa správal úplne neutrálne ani nebol priťahovaný ani odpudzovaný, tak som sa rozhodol pre výrobu krytov z tohto plechu. Výroba bola náročná, pretože som ho nechcel farbiť ale ho len vyleštiť, nesmel som ho poškríabať pri ohýbaní. Tvary boli rovnaké ako u krytov predtým a nakoniec som opäť zložil celu skriňu. Znova vyskúšal zvärať a kryty sa už nereagovali na magnetické siločiaRY. Keďže do zariadenia vstupuje nebezpečné sieťové napätie a vonkajšie kryty sú kovové musia byť podľa normy všetky neživé vodivé časti pripojené na ochranný vodič, tak som všetky kryty poprepájal, aj jadro transformátora a pripojil na ochranný vodič aby bolo vylúčené nebezpečenstvo úrazom elektrickým prúdom. Schéma zapojenia (viď príloha C1).

2.2 Výroba usmerňovača

Rozhodol som sa pre výrobu usmerňovaču s použitím dvoch usmerňovacích mostíkov a použitím malej tlmivky. Takýto usmerňovač má menšie rozmery, je ľahší, lacnejší, v porovnaní s usmerňovačom s veľkou tlmivkou. Výkonové diódy som nechcel kupovať nové, pretože sú drahé a výroba by sa nevyplatila. Pri výrobe som experimentoval, skúšal rôzne varianty zapojenia diód aké som mal k dispozícii.

2.2.1 Usmerňovač č.1

Schéma zapojenia (viď. príloha D). Tlmivku (TL) som použil zo starého zdroja ktorá mala prierez jadra 6cm^2 a bola vinutá vodičom 1mm^2 . Kondenzátor (C) som zvolil $680\mu\text{F}$ s vybíjacím rezistorom $3,3\text{K}\Omega/2\text{W}$. Diódy (D1-D4) sú výkonové diódy od ČKD 40A/100V, pomocné diódy (D5,D6) sú stavané na 10A(KY712). Po zapojení som usmerňovač hneď vyskúšal a pri zváraní mi oblúk občas zhasol. Diódy boli veľmi preťažované a vznikali na nich veľké úbytky napätia. Keď som zapojil usmerňovač na zväračku s vyšším výstupným napätím zväralo sa veľmi pekne. Tento usmerňovač bol stavaný na maximálny zvärací prúd 80A. Ale keď som zvýšil kapacitu kondenzátora na $10\,000\mu\text{F}$ dokázal pekne zvärať aj pri nižšom vstupnom napätí ale už pri malom odtiahnutí elektródy oblúk zhasol.

2.2.2 Usmerňovač č.2

Schéma zapojenia tohto usmerňovača (viď. Príloha D). Výkonové diódy (D1-D4) som použil 10 paralelne spojených 10A diód (KY712). Pomocné diódy (D5,D6) sú 10A (KY712). Vzhľadom na to že každá dióda rovnakého typu s nepodarí vyrobiť s rovnakými priepustnými vlastnosťami, uvažuje sa pri paralelnom zapájaní diód s 80% ich menovitého prúdu. Čo bolo 8A pre moje diódy a každá vetva bola stavaná na 80A. Vzhľadom na to, že v mostíku vedu v jednom časovom okamihu len dve diódy, môžu sa 100% preťažiť. Na 160A mostík teda potrebujeme diódy najmenej na 80A. Tlmivka bola použitá rovnaká ako v usmerňovači č.1. Kondenzátor som už zvolil $10\,000\mu\text{F}$, po zapojení a odskúšaní som zistil že usmerňovač zapaluje perfektne. Oblúk je stabilný ale zvar bol akýsi trhaný a tak sa mi opäť nepáčila táto verzia a naďalej som experimentoval.

2.2.3 Usmerňovač č.3

Schéma zapojenia (viď. Príloha D1). ako výkonové diódy(D1-D8) som použil hotové usmerňovacie mostíky osadene tzv. alternátorovými diódami KYZ-74 a KYZ-79. Diódy sú 20A/400V a v každej vetve mostíka sú použité dve paralelne. Prepočet prúdu na jeden blok: menovitý prúd diod=20A pri paralelnom zapojení uvažujeme s 80% menovitého prúdu $20 \times 0,8 = 16\text{A}$ /jedna dióda, keďže sú dve $2 \times 16 = 32\text{A}$. Takže mostík postavený z 32A diód dokáže dodávať maximálny prúd 64A. Zvaraci transformátor je schopný dodávať zvärací prúd až 100A. Z tohto dôvodu som použil na usmernenie 2bloky = $2 \times 64 = 128\text{A}$. Pomocné diódy (D9,D10) sú 24A/400V. Tlmivka je starého vyradeného zdroja má navinutých 120zavítov CU2L drôtu na jadre 4cm^2 a kondenzátor som zvolil 10 000uF/100V . Všetko som najprv provizórne zapojil a vyskúšal zvärať. Zapalovanie oblúka šlo veľmi ľahko, oblúk stabilne horel, mal príjemný zvuk a rozstrek elektródy bol minimálny. Zvar bol hladký a pekne tavil materiál. Tak som sa rozhodol pre stavbu tohto usmerňovača k môjmu zväraciemu transformátoru. Bloky som prepájal CU vodičom 6mm^2 a vývody k svorkám som realizoval CU vodičom 10mm^2 . Usmerňovač so vyrobil do samostatnej skrine aby sa dal samostatne použiť aj na inom zväracom transformátore. Skriňa je prevedená tak aby sa dala postaviť na zvärací transformátor ako stavebnica a v jej spodnej stene je vypílený otvor na rúčku ktorá vyčnieva z transformátora. Prepojený zo zväracím transformátorom je CU lankovým vodičom 16mm^2 .

2.3 Zväracie káble

Ako zväracie káble som použil tzv. štartovacie káble na osobný automobil z ktorých som ponechal kostrové kliešte a ostatne so odstránil a na jedny konce som prispájkoval očká a na druhý koniec jedného káblu som prispájkoval držiak na elektródu. Dĺžka káblov je 2,3m čo postačuje pre bežné potreby. Prierez je 21mm^2 a úbytok napätia na oboch kábloch pri maximálnom zaťažení je 1,2V.

3 Záver práce

Zvárací transformátor sa mi podarilo úspešne skonštruovať síce po prvom zložení vlastnosti neboli také aké som očakával ale dosiahol som ich niekoľkými úpravami. Výroba bola časovo náročná, veľa času zaberalo prerábanie a vymýšľanie spôsobu realizácie. Vlastnosti zváracích transformátorov sa počítajú veľmi náročne, výsledok aj tak nie je vždy presný pretože na ne pôsobí veľmi veľa okolností. Dajú sa len odhadnúť a tak je nutne experimentovať. Váha a rozmery transformátora sú prijateľné na prenášanie. Prídavný usmerňovač umožňuje všestrannejšie použitie aj na zváranie elektródami na jednosmerný prúd ktoré sú kvalitnejšie ako elektródy na striedavý prúd. Manipulácia s transformátorom je jednoduchá, životnosť je ovplyvnená len životnosťou hlavného vypínača a prepínača odbočiek. Pri stavbe som sa veľa naučil o vlastnostiach rozptylových transformátorov ktoré používajú aj vzduch na prenos magnetických siločiar. Pri stavbe usmerňovačov som zistil že každý usmerňovač nefunguje 100% na každú zváračku. Kvalita a vlastnosti zvaru veľmi závisia nielen od zváracieho transformátora, ale aj od usmerňovača, cez ktorý je prúd vedený a tak treba pri kombinácii týchto dvoch zariadení trochu experimentovať.

Juraj Škríp

4 Zoznam použitej literatúry

Internet: Fórum o zváračkách a zváraní www.svarbazar.cz

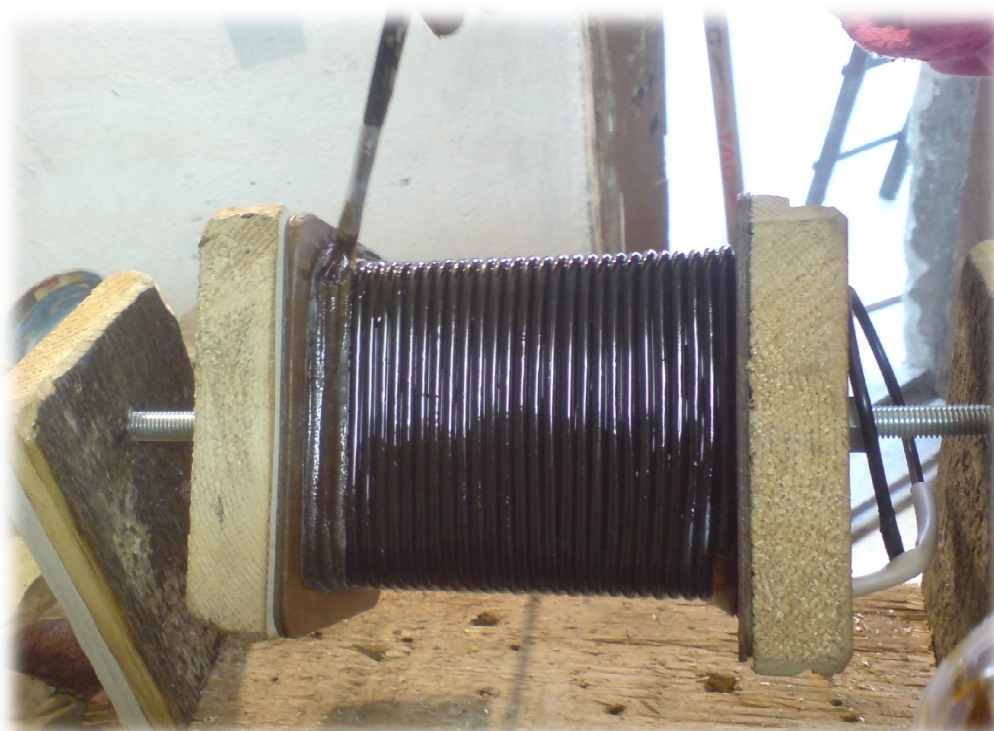
Knihy: Transformátory pro obloukové svařování
Ing. Vincent Kruml, Ing. Milan Štefl
Tretie úplné vydanie vydané: Praha 1985

Dioda tranzistor a tyristor názorně
druhé vydanie vydané: Praha 1983

5 Prílohy



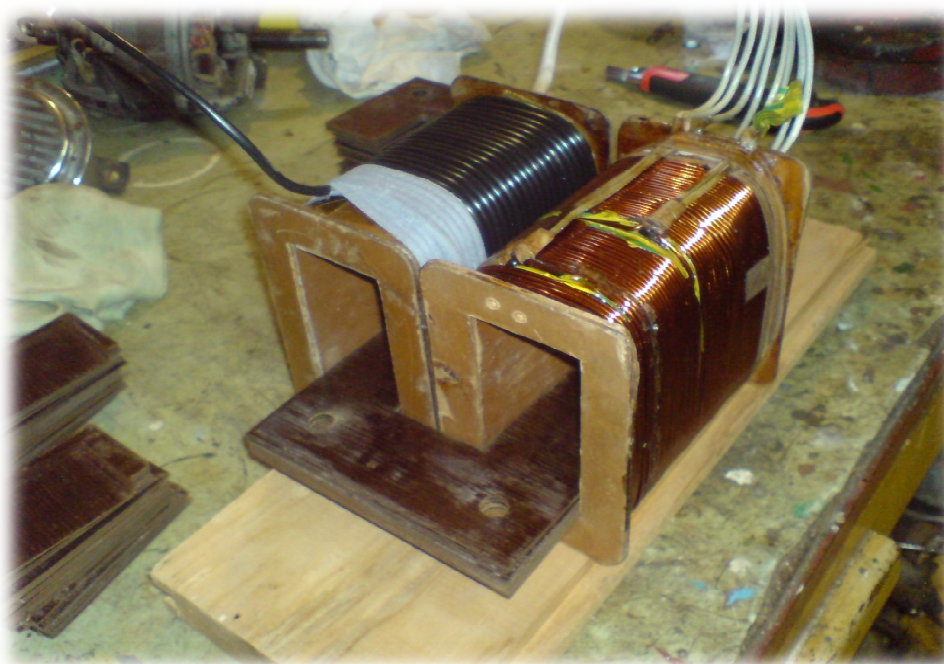
Príloha A



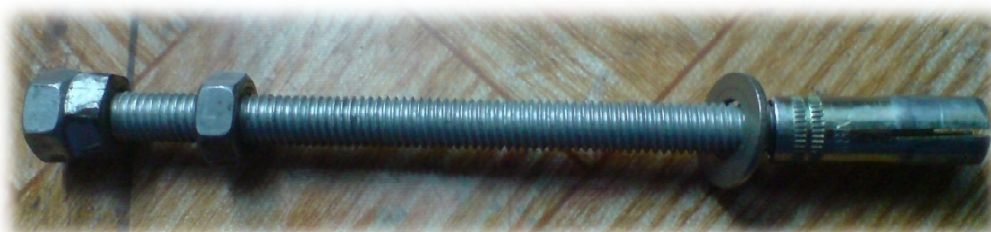
Príloha A1



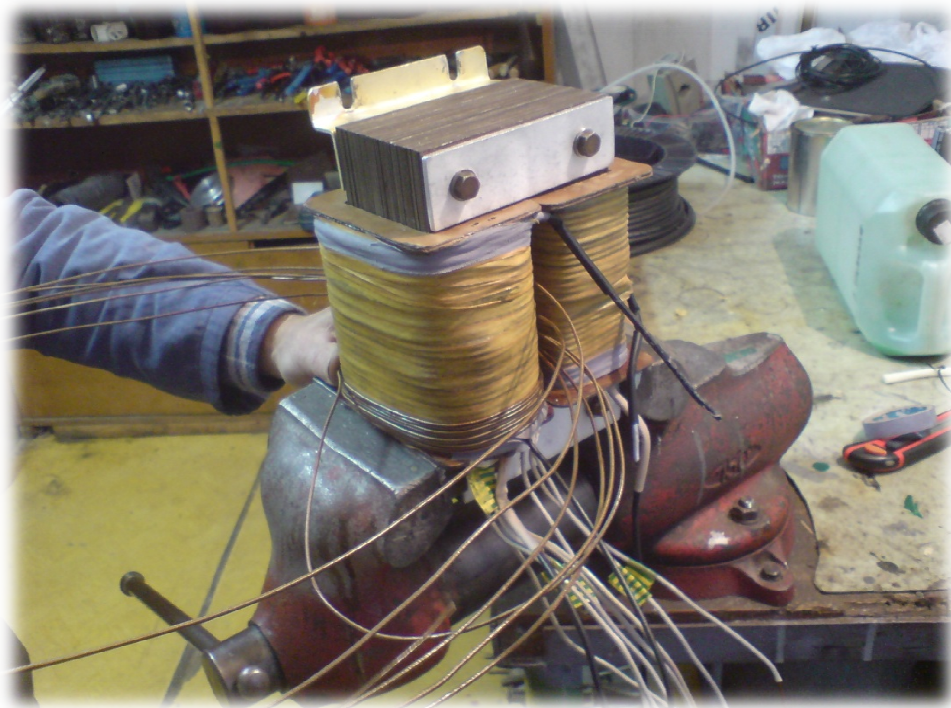
Príloha B



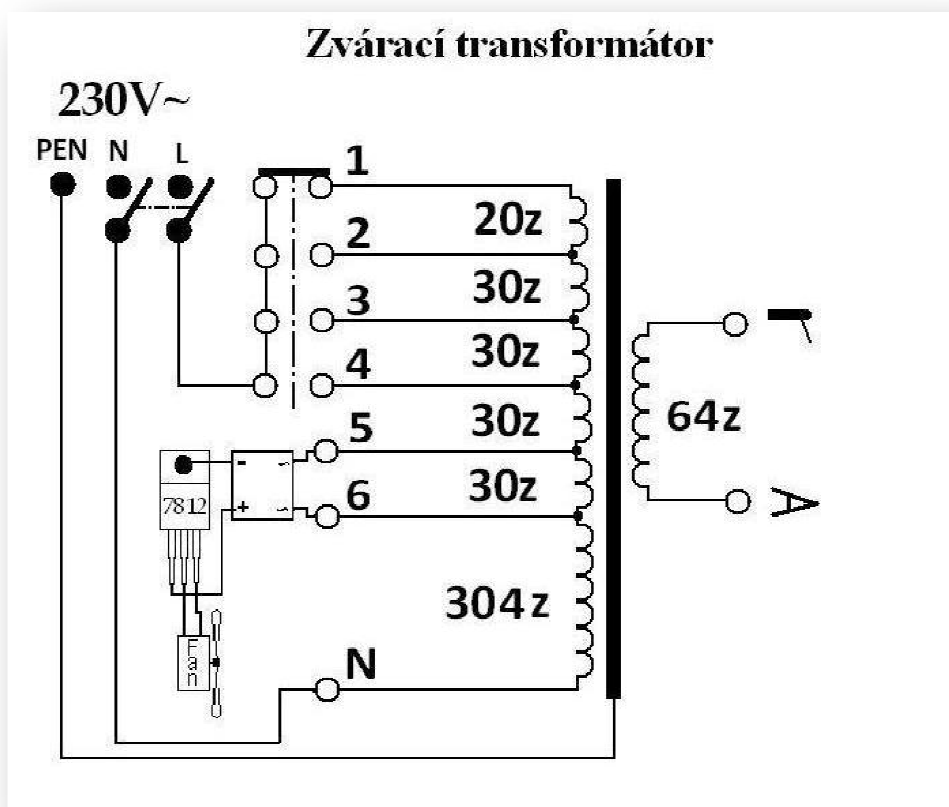
Príloha B1



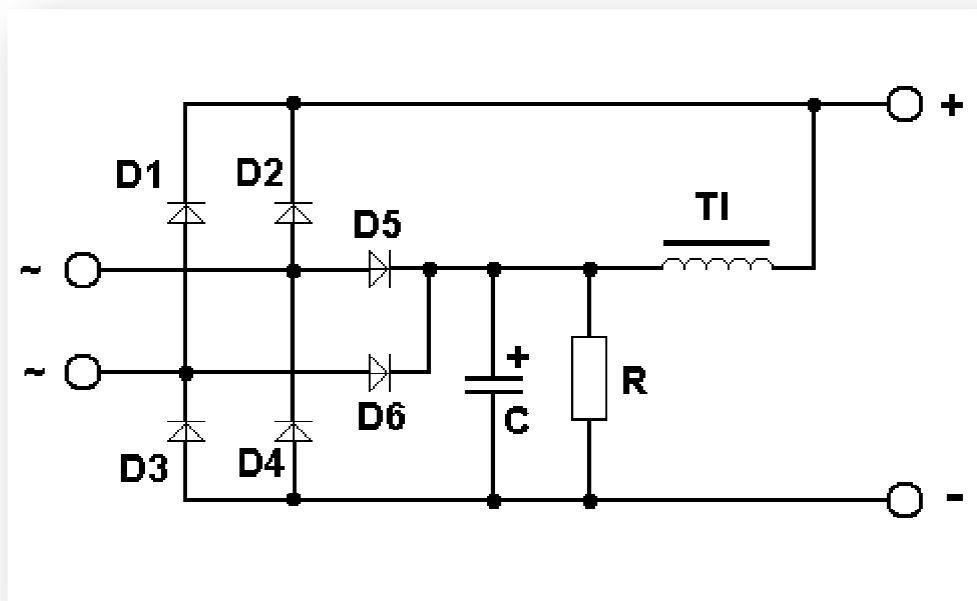
Príloha B2



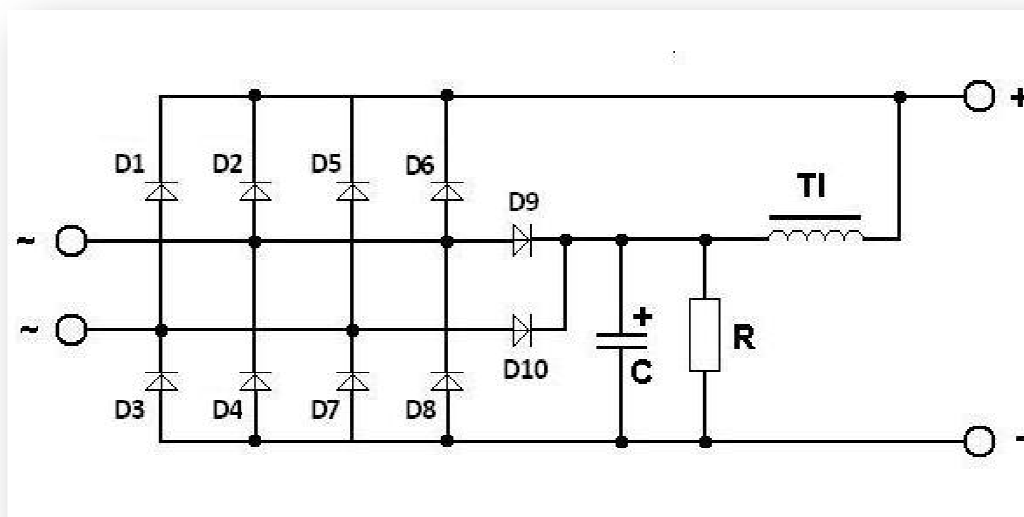
Príloha C



Príloha C1



Príloha D



Príloha D1

Merané hodnoty				
Odbočka	1	2	3	4
Sekundárne napätie naprázdno(V)	39	41	44,5	48,5
Rutilová elektróda ER 117 Ø 2,0 mm				
Primárny prúd (A)	12	14	17	20
Zvárací prúd(A)	65	70	77	85
Sekundárne napätie pri zváraní(V)	23	23,5	24	25
Rutilová elektróda ER 117 Ø 2,5 mm				
Primárny prúd (A)	-	-	17	21
Zvárací prúd(A)	-	-	85	100
Sekundárne napätie pri zváraní(V)	-	-	22	23